

METHOD FOR POLARISING PIEZOELECTRIC COMPONENTS, AND CORRESPONDING PIEZOELECTRIC COMPONENT

Patent number: WO9931739

Publication date: 1999-06-24

Inventor: CRAMER DIETER (DE); LUBITZ KARL (DE); SCHUH CARSTEN (DE); STEINKOPFF THORSTEN (DE); WOLFF ANDREAS (DE)

Applicant: SIEMENS AG (DE); SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS (DE); CRAMER DIETER (DE); LUBITZ KARL (DE); SCHUH CARSTEN (DE); STEINKOPFF THORSTEN (DE); WOLFF ANDREAS (DE)

Classification:

- **international:** H01L41/083; H01L41/24; H01L41/083; H01L41/24; (IPC1-7): H01L41/083; H01L41/22

- **europen:** H01L41/083; H01L41/24

Application number: WO1998DE03687 19981215

Priority number(s): DE19971056182 19971217

Also published as:

EP1053568 (A1)
 EP1053568 (A0)
 DE19756182 (A1)
 EP1053568 (B1)

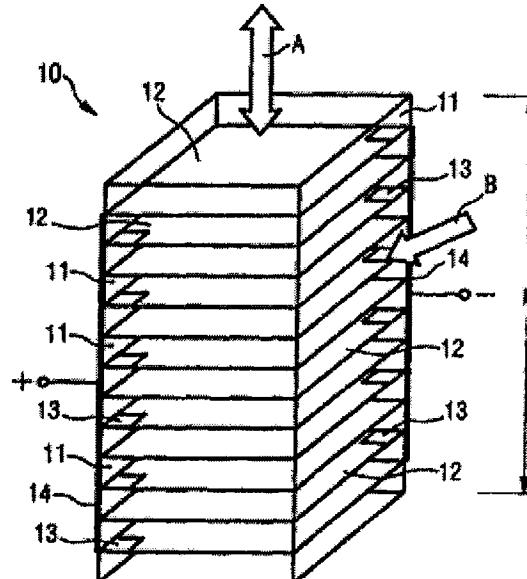
Cited documents:

EP0350941
 JP2163983
 JP4239182
 JP7240546

[Report a data error here](#)

Abstract of WO9931739

The invention relates to a method for polarising piezoelectric components, especially piezoelectric actuators, said components being made up of a number of piezoceramic layers with metal electrodes arranged in between. The inventive method is characterised by the following steps: a) a compressive stress (T_p) is applied to the component to be polarised before the polarisation process begins and until it has ended, said compressive stress counteracting the prolonging effect of the electric polarisation field to be applied and the value of the compressive stress (T_p) corresponding to $T_p < T_d$ and $T_p > 0$ and preferably to $T_p > T_b$, T_d being equal to the limit pressure determined by the deviation from the elastic lines and T_b being equal to the static pressure applied when the component is later operated; and b) an electric polarisation field is applied to the component, the field strength applied being greater than the coercive field strength for the component.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

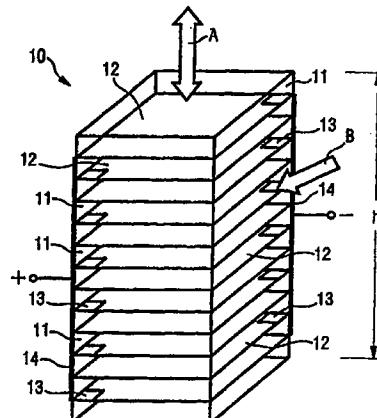
PCT

WELTOrganisation FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : H01L 41/083, 41/22		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/31739 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. Juni 1999 (24.06.99)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE98/03687	(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).		
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. Dezember 1998 (15.12.98)	(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).		
(30) Prioritätsdaten: 197 56 182.9 17. Dezember 1997 (17.12.97) DE	Veröffentlicht		
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). SIEMENS MATSUSHITA COMPONENTS GMBH & CO. KG [DE/DE]; Balanstrasse 73, D-81541 München (DE).			<i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): CRAMER, Dieter [DE/DE]; Valleyerweg 10, D-83607 Holzkirchen (DE). LUBITZ, Karl [DE/DE]; Röntgenstrasse 20, D-85521 Ottobrunn (DE). SCHUH, Carsten [DE/DE]; Brunnenstrasse 73, D-85598 Baldham (DE). STEINKOPFF, Thorsten [DE/DE]; Ilchinger Strasse 1, D-85614 Eglharting (DE). WOLFF, Andreas [DE/DE]; Therese-Giehse-Allee 84, D-81739 München (DE).			
(54) Titel: METHOD FOR POLARISING PIEZOELECTRIC COMPONENTS, AND CORRESPONDING PIEZOELECTRIC COMPONENT			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM POLARISIEREN VON PIEZOELEKTRISCHEN BAUELEMENTEN UND PIEZOELEKTRISCHES BAUELEMENT			
(57) Abstract			
The invention relates to a method for polarising piezoelectric components, especially piezoelectric actuators, said components being made up of a number of piezoceramic layers with metal electrodes arranged in between. The inventive method is characterised by the following steps: a) a compressive stress (Tp) is applied to the component to be polarised before the polarisation process begins and until it has ended, said compressive stress counteracting the prolonging effect of the electric polarisation field to be applied and the value of the compressive stress (Tp) corresponding to $Tp < Td$ and $Tp > 0$ and preferably to $Tp \geq Tb$, Td being equal to the limit pressure determined by the deviation from the elastic lines and Tb being equal to the static pressure applied when the component is later operated; and b) an electric polarisation field is applied to the component, the field strength applied being greater than the coercive field strength for the component.			
(57) Zusammenfassung			
Es wird ein Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Bauelementen, insbesondere Piezoaktoren beschrieben, wobei die Bauelemente aus einer Vielzahl von Piezokeramik-Schichten und dazwischen liegenden Metallelektroden gebildet sind. Das Verfahren ist erfindungsgemäß durch folgende Schritte gekennzeichnet: a) Anlegen einer Druckspannung (Tp) an das zu polarisierende Bauelement vor Beginn der Polarisierung und bis zum Ende der Polarisierung, wobei die Druckspannung (Tp) der verlängern Wirkung des anzulegenden elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und wobei für den Wert der Druckspannung Tp gilt: $Tp < Td$ und $Tp > 0$ und vorzugsweise $Tp \geq Tb$, mit Td gleich dem Grenzdruck, der durch die Abweichung von der elastischen Geraden bestimmt ist und Tb gleich dem statischen Druck, der im späteren Betrieb des Bauelements angelegt wird; und b) Anlegen eines elektrischen Polarisationsfelds an das Bauelement, wobei die angelegte Feldstärke größer ist als die Koerzitivfeldstärke für das Bauelement.			



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Beschreibung

Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Bauelementen und piezoelektrisches Bauelement.

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Bauelementen, insbesondere Piezoaktoren, die aus einer Vielzahl von Piezokeramik-schichten und dazwischen liegenden Metallelektronen gebildet sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein entsprechendes piezoelektrisches Bauelement.

10 Piezoelektrische Bauelemente der genannten Art, beziehungsweise piezoelektrische monolithische Vielschicht-Piezoaktoren bestehen üblicherweise aus gemeinsam gesinterten Stapeln von Piezokeramik-Schichten mit dazwischen liegenden Metallelektronen. Jede Metallelektrode weist eine Aussparung auf, um dort die elektrischen Spannungen unterschiedlicher Polarität 15 beim Polarisieren und beim späteren Betrieb des Bauelements zuzuführen. Die Aussparungen sind an jeder zweiten Elektrode an jeweils zwei gegenüberliegenden Kanten oder Seiten ausgebildet. Im Bereich der Aussparungen der Elektroden sind die jeweils übernächsten Elektroden mit einer von oben nach unten 20 durchgehenden Metallisierungsbahn verbunden. Ein solches Bauelement ist in Figur 1 dargestellt und wird im Rahmen der Figurenbeschreibung näher erläutert.

25 Bei Betrieb solcher Bauelemente parallel zur Polarisationsrichtung werden zwar große Kräfte, aber nur kleine relative Auslenkungen erreicht. Zur Erzielung geringer Betriebsspannungen bestehen die Bauelemente aus einer Vielzahl von Ein-

zelschichten. Zur Polarisierung der Bauelemente wird an diese ein elektrisches Polarisationsfeld angelegt, wodurch sich eine maximale remanente Polarisation und eine geordnete Verteilung der in Feldrichtung in den Kristallen der Keramik ausgerichteten Domänen gegenüber dem unpolarisierten Ausgangszustand ergibt. Nach der Polarisierung ist das Bauelement bleibend in Richtung des angelegten Felds beziehungsweise der remanenten Polarisation verlängert. Diese bleibende Verlängerung hat zur Folge, daß im inaktiven und nicht durch Feldeinwirkung verlängerten Kontaktierungsbereich Zugspannungen auftreten. Dadurch können im piezoelektrisch inaktiven Kontaktierungsbereich bei der Polarisierung des Bauelements Risse parallel zu den Elektroden auftreten, die zwar im Übergangsbereich zum aktiven Bereich des Bauelements zum Stillstand kommen, die aber im späteren Betrieb des Bauelements zu Folgeschäden und schließlich zum Ausfall des Bauelements führen können. Weiterhin ist bei den bekannten Bauelementen von Nachteil, daß sich die Bauelemente nach Inbetriebnahme innerhalb der ersten Betriebszyklen noch in ihrer Länge und/oder ihrem Arbeitshub verändern. Die Bauelemente erreichen somit erst nach einer längeren Betriebsdauer ihren endgültigen Zustand, wodurch eine Nachjustage während des Betriebs notwendig wird. Dies ist insbesondere deshalb von Nachteil, da die Bauelemente üblicherweise im eingeklemmten Zustand betrieben werden. Es besteht deshalb ein Bedarf nach piezoelektrischen Bauteilen, die mit dem Betriebsbeginn des Bauteils eine stabile Anwendung gestatten.

Um das Auftreten von Polungsrissen zu vermeiden ist aus der EP-A-0 479 328 ein Verfahren bekannt, bei dem durch ein aufwendiges Sonderbedruckungs- und Stapelverfahren im inaktiven

Kontaktierungsbereich parallel zu den Elektroden in den Keramikschichten vorbeugend Entlastungsschlitzte erzeugt werden.

Diese Entlastungsschlitzte sollen die bei der Polarisierung entstehenden mechanischen Zugspannungen ähnlich wie die Polungsrissse selbst entlasten. Allerdings wird bei derartig ausgebildeten Bauelementen aufgrund der noch auftretenden Längenänderungen nach Betriebsbeginn ein stabiler Betriebszustand erst nach einer Reihe von Betriebszyklen erreicht.

10 Weiterhin ist bereits in allgemeiner Weise angedeutet worden, daß durch gleichzeitige Druckbelastung mit einem Druck von 30 bis 40 MPa bei der Polarisierung Polungsrissse vermieden werden können. Diese hohen Drücke können zwar zur Vermeidung von Polungsrissen beitragen, allerdings führen sie nicht zu einem 15 stabilen Betrieb des Bauelements mit optimalen Kennwerten direkt ab Betriebsbeginn des Bauteils.

Ausgehend vom genannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Bauelementen derart weiterzubilden, daß die genannten Nachteile vermieden werden. Insbesondere soll ein Verfahren bereitgestellt werden, durch das die Bauelemente auf solch eine Weise polarisiert werden, daß sie direkt ab Betriebsbeginn einen stabilen Betrieb mit optimalen Kennwerten ermöglichen, ohne daß es einer Nachjustage bedarf. Weiterhin soll auch erreicht werden, daß die Anzahl und die Größe der entstehenden Polungsrissse reduziert wird. Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung soll ein piezoelektrisches Bauteil mit diesen vorteilhaften Eigenschaften bereitgestellt werden.

Die Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung durch ein Verfahren der oben genannten Art gelöst, das durch folgende Schritte gekennzeichnet ist: a) Anlegen einer Druckspannung T_p an das zu polarisierende Bauelement vor Beginn der Polarisation und bis zum Ende der Polarisation, wobei die Druckspannung T_p der verlängernden Wirkung des anzulegenden elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und wobei für den Wert der Druckspannung T_p gilt: $T_p < T_d$ und $T_p > 0$, mit T_d gleich dem Grenzdruck, der durch die Abweichung von der elastischen Geraden bestimmt ist; und b) Anlegen eines elektrischen Polarisationsfelds an das Bauelement, wobei die angelegte Feldstärke größer ist als die Koerzitivfeldstärke für das Bauelement.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird ein über die gesamte Betriebsdauer des Bauelements -das heißt direkt ab Betriebsbeginn des Bauteils- stabiler Betriebszustand mit stabilen Kennwerten und einem stabilen Polarisierungszustand ermöglicht. Ein aufwendiges Nachjustieren der Bauelemente im eingebauten Zustand nach einer Reihe von Betriebszyklen kann somit entfallen. Da die Bauelemente üblicherweise eine maximale Betriebsdauer von bis zu 1×10^9 Betriebszyklen haben, kann die Lebensdauer der Bauelemente optimal ausgenutzt werden, was neben verringerten Standzeiten der mit den Bauelementen bestückten Vorrichtungen auch zu einer erheblichen Kostenreduktion führt. Weiterhin wird die Anzahl und Größe der auftretenden Polungsrisse reduziert.

Durch das erfindungsgemäße Polarisationsverfahren wird beispielweise erreicht, daß das Bauelement unter anderem einen im Betrieb stabileren thermischen Ausdehnungskoeffizienten

aufweist, wodurch die Möglichkeit gegeben ist, unerwünschte Effekte durch thermische Längenänderungen über konstruktive Maßnahmen zu kompensieren.

- 5 Das Keramikmaterial hat vorzugsweise eine Struktur, die das Auftreten von Piezoelektrizität gestattet. Dies wird durch Ferroelektrika mit Perowskitstruktur erreicht. Hierbei tritt bei Unterschreiten der Curietemperatur eine spontane Polarisierung und damit auch eine Längenänderung auf, die mit einer
- 10 Deformation des Kristallgitters verbunden ist. Die Deformation ergibt sich aus der Tatsache, daß nach dem Sintern der Keramik jedes kristalline Korn von anderen Körnern umgeben ist. Bei der Umwandlung in den ferroelektrischen Zustand wird jedes Korn spontan deformiert, gleichzeitig aber auch durch benachbarte Körner behindert. Auftretende innere Spannungen können teilweise nur durch Ausbildung von Domänen in den Körnern abgebaut werden. Dabei handelt es sich um eine tetragonale oder rhomboedrische Verzerrung des ursprünglichen kubischen Gitters, wodurch sich 180° - und 90° -Domänen in der
- 15 tetragonalen Phase und 180° -, 71° - beziehungsweise 109° -Domänen in der rhomboedrischen Phase bilden. Nach der spontanen Polarisation sind die Dipolmomente der einzelnen Domänen so ausgerichtet, daß sie sich aufgrund der statistisch verteilten Polarisationsrichtungen kompensieren. Dies ist in
- 20 Figur 2a dargestellt und wird weiter unten näher beschrieben. Durch Einwirkung eines elektrischen Polarisationsfelds werden die Dipole in den einzelnen Kristalliten orientiert, wodurch eine Polarisation und Längenänderung des gesamten Körpers auftritt. Eine solche Polarisation ist in Figur 2b dargestellt und wird im Rahmen der Figurenbeschreibung näher erläutert.
- 25
- 30

Als Metallelektroden können beispielsweise -jedoch nicht ausschließlich- AgPd-Elektroden verwendet werden.

- 5 Erfindungsgemäß wird die Polarisation nicht am freien Bau teil, sondern unter einer gleichzeitig anliegenden Druckspannung T_p durchgeführt. Für die Druckspannung T_p , die der verlängernden Wirkung des elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und bereits vor Beginn des Anlegens der elektrischen
- 10 Feldstärke bis zum Ende der Polarisation aufgebracht wird, gelten erfindungsgemäß zwei Einschränkungen.

Zunächst ist die Druckspannung T_p kleiner als der Grenzdruck T_d zu wählen. Der Grenzdruck T_d ergibt sich wie folgt: Sowohl

- 15 in einer unpolarisierten als auch in einer polarisierten Piezokeramik lassen sich ab einem bestimmten Druck oder Zug, der durch die Abweichung von der elastischen Gerade im Spannungs-Dehnungs-Diagramm bestimmt ist, Domänen durch die Bewegung von 90° -, beziehungsweise $71^\circ/109^\circ$ -Domänenwänden umschalten,
- 20 so daß auch nach Entfernen der mechanischen Belastung eine bleibende Längenänderung vorliegt. Dieser Druck wird im Sinne der vorliegenden Erfindung als Grenzdruck T_d bezeichnet.

Durch die Wahl der Druckspannung T_p kleiner als der Grenzdruck T_d wird erreicht, daß nach der Polarisation noch ein ausreichend großer Anteil von schaltbaren und zur Auslenkung beitragenden Domänenwänden verbleibt. Der Grenzdruck T_d hängt vom verwendeten Piezokeramikmaterial ab. Vorteilhaft beträgt der Grenzdruck $T_d < 20$ MPa. Weiterhin muß die Druckspannung T_p größer als Null gewählt werden.

30

Nach der Beaufschlagung des zu polarisierenden Bauteils mit

der Druckspannung T_p wird an das Bauelement ein elektrisches Polarisationsfeld angelegt, wobei die elektrische Feldstärke größer ist als die Koerzitivfeldstärke für das Bauelement.

Dadurch wird das Bauelement in der vorstehend beschriebenen

5 Weise polarisiert.

Der zeitliche Verlauf der bei der Polarisierung anliegenden Spannung kann einem trapezförmigen Verlauf entsprechen. Es ist aber auch ein sinusförmiger Verlauf, insbesondere mit variabler Frequenz denkbar. Insbesondere ist ein dem Betriebsfall mit maximaler Betriebsspannung entsprechender Verlauf am Ende der Polarisierung vorteilhaft.

Durch die erfindungsgemäß gewählte Druckspannung T_p hat das
15 Bauelement nach der Polarisierung eine geringe Längenänderung gegenüber dem unpolarisierten Ausgangszustand, was eine entsprechende Reduzierung der Zugspannungen im inaktiven Kontaktierungsbereich und eine sich daraus ableitende Reduktion der Anzahl und Größe von Polungsrissen zur Folge hat. Gleichzeitig ist die Höhe der Druckspannung T_p ausreichend niedrig gewählt, so daß nach der Polarisierung eine ausreichend große Anzahl an schaltbaren und zur Auslenkung beitragenden Domänenwänden verbleibt. Bei Verwendung eines zu hohen Drucks, wie dies beispielsweise zum Stand der Technik beschrieben
20 wurde, können zwar die Polungsrisse vermieden werden, allerdings verbleibt nur ein sehr geringer Anteil von schaltbaren und zur Auslenkung beitragenden Domänenwänden. Bei deutlich niedrigerem Betriebsdruck ergibt sich dann der Nachteil eines instabilen Betriebs und die nachträgliche Entstehung von Rissen. Die erfindungsgemäße Polarisierung hat demnach zur Folge,
25 daß die bei üblicher Polarisierung erreichbare Remanenz
30

verringert ist. Dies hat allerdings den Vorteil, daß das Bau-element direkt ab Betriebsbeginn mit stabilen Kennwerten be-trieben werden kann.

5 Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens ergeben sich aus den rückbezogenen Unteransprüchen.

Erfindungsgemäß kann für den Wert der Druckspannung T_p wei-10 terhin gelten: $T_p \geq T_b$, mit T_b gleich dem statischen Druck, der im späteren Betrieb des Bauelements angelegt wird.

15 Im statischen und besonders im dynamischen Betrieb werden die Bauelemente in der Regel mit einem statischen Druck T_b beauf-schlagt. Diese Vorlast hat zum Ziel, einen kraftschlüssigen Betrieb ohne Spalteneffekte zu gewährleisten sowie das Auf-10 treten von dynamischen, trägheitsbedingten Zugspannungen zu verhindern. Vorteilhafte Werte für den statischen Druck lie-gen zwischen 10 und 20 MPa.

20 In weiterer Ausgestaltung kann die Druckspannung T_p einen Wert aufweisen, bei dem sich die Länge des Bauelements nach der Polarisation nur um maximal +30% bis -10% der bei druck-losen Polarisation erreichten Längenänderung verändert. Die-25 ser Wert ist materialabhängig und wird vorteilhaft experimen-tell ermittelt. Die Längenänderung bezieht sich in gleicher Weise auf das druckentlastete oder mit Druck beaufschlagte Bauelement.

30 Erfindungsgemäß kann die Druckspannung T_p einen Wert von 10 bis 20 MPa, vorzugsweise 15 bis 20 MPa aufweisen. Dies ent-spricht bei einem Bauelement mit einem Grundquerschnitt von

50mm² etwa einer Last von 1 kN./mm². Bei einem solchen Wert für die Druckspannung Tp wird erreicht, daß die Druckspannung bei den oben beschriebenen vorteilhaften Werten für den Grenzdruck Td und den statischen Druck Tb die erforderlichen 5 Bedingungen erfüllt.

Vorteilhaft kann die Druckspannung Tp über ein hydraulisches oder ein pneumatisches System, oder aber durch Federkraft aufgebracht werden. Die Erfindung ist jedoch nicht auf die 10 genannten Beispiele beschränkt.

In weiterer Ausgestaltung kann das elektrische Polarisationsfeld eine Feldstärke aufweisen, die kleiner ist als die Durchschlagsfestigkeit des Bauelements. Vorteilhaft ist sie 15 experimentell so einzustellen, daß ein optimaler Arbeitshub des Bauelements erreicht wird. Vorteilhaft kann die Feldstärke dem zwei- bis fünffachen Wert der Koerzitivfeldstärke entsprechen.

20 In weiterer Ausgestaltung weist das elektrische Polarisationsfeld eine Feldstärke von 2 bis 2.5 kV/mm auf.

Erfindungsgemäß kann die Polarisierung bei einer Polarisationsstemperatur von 20 bis 150°C durchgeführt werden.

25 Vorteilhaft wird die Polarisierung des Bauelements in einem isolierenden Medium durchgeführt, insbesondere in Luft, Öl oder Schutzgas.

30 Die Polarisationszeit kann erfundungsgemäß bis zu 700 Sekunden, vorzugsweise etwa 500 Sekunden betragen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren zum Polarisieren von Bauelementen wird erreicht, daß die Bauelemente von Betriebsbeginn an stabile Kennwerte aufweisen. Weiterhin wird die Anzahl und Größe der auftretenden Polungsrisse reduziert. Das erfindungsgemäße Verfahren trägt dem Umstand Rechnung, daß bei im Großsignal mit hohen Feldstärken (siehe oben) betriebenen piezoelektrischen Bauelementen der kleinere Teil der Auslenkung durch den linearen, reversiblen, der Remanenz proportionalen Anteil des Piezoeffekts gegeben wird, und daß der größere Teil der Auslenkung durch die Bewegung von Domänenwänden bewirkt wird. Durch den erfindungsgemäß gewählten spezifischen Wert für die Druckspannung T_p wird während der Polarisation der Bauelemente erreicht, daß ein ausreichend großer Anteil von schaltbaren und zur Auslenkung beitragenden Domänenwänden verbleibt und gleichzeitig eine vorteilhafte Polarisation durchgeführt werden kann.

Die Anwendung des erfindungsgemäßen Polarisierungsverfahrens kann leicht überprüft werden, indem das polarisierte Bauelement über seine Curietemperatur erwärmt und somit einer thermischen Depolarisierung unterworfen wird und gleichzeitig seine Längenänderung bestimmt wird, die maximal 30% des bei einer drucklosen Polarisierung auftretenden Werts erreichen darf.

Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein piezoelektrisches Bauelement bereitgestellt, insbesondere ein Piezoaktor, mit einer Vielzahl von Piezokeramik-Schichten und dazwischen liegenden Metallelektroden, wobei das Bauelement durch Anlegen eines elektrischen Polarisationsfelds po-

larisiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement unter Anlegen einer Druckspannung T_p vor Beginn der Polarisierung und bis zum Ende der Polarisation polarisiert ist, wobei die Druckspannung T_p der verlängernden Wirkung des anzulegen-
5 den elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und wobei für den Wert der Druckspannung T_p gilt: $T_p < T_d$ und $T_p > 0$, mit T_d gleich dem Grenzdruck, der durch die Abweichung von der elastischen Geraden bestimmt ist.

10 Das erfindungsgemäße Bauelement weist stabile Kennwerte direkt ab Betriebsbeginn auf, so daß ein nachteiliges Nachjustieren zu einem späteren Zeitpunkt unterbleiben kann. Gleichzeitig wird die Anzahl und Größe der Polungsrisse verringert, was die Lebensdauer des Bauelements verlängert. Im
15 Hinblick auf die Vorteile, Wirkungen, Effekte und Funktionen des erfindungsgemäßen Bauelements wird auf die vorstehenden Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren vollinhaltlich Bezug genommen und hiermit verwiesen.

20 Bevorzugte Ausgestaltungen des piezoelektrischen Bauelements ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Bevorzugt ist das Bauelement nach einem wie vorstehend beschriebenen Verfahren hergestellt.

25 Vorteilhaft sind die einzelnen Metallelektroden über Metallisierungsbahnen miteinander verbunden.

30 In weiterer Ausgestaltung kann das Bauelement bis zu 1000 Einzelschichten, vorzugsweise 200 bis 400 Einzelschichten aufweisen.

Erfindungsgemäß kann das Bauelement eine Stapelhöhe von 5 bis 40 mm aufweisen.

5 In weiterer Ausgestaltung kann das Bauelement einen Arbeits-
hub von 5 bis 60 μm aufweisen.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Es
10 zeigt:

Figur 1 in schematischer Ansicht den Aufbau eines piezoelek-
trischen Bauelements; und

15 Figur 2a bis 2c verschiedene Polarisationszustände des Bau-
elements bei unterschiedlichen Bedingungen.

In Figur 1 ist ein als monolithischer Vielschicht-Piezoaktor ausgebildetes piezoelektrisches Bauelement 10 dargestellt.

20 Das Bauelement 10 kann beispielsweise als Ventilantrieb fungieren und hat eine Betriebsdauer von bis zu 1×10^9 Betriebszyklen. Das Bauelement 10 weist eine Vielzahl von Piezokeramikschichten 11 und dazwischen liegenden Metallelektroden 12 auf. Die Metallelektroden 12 weisen jeweils eine Aussparung
25 13 auf, wobei die Aussparungen 13 benachbarter Elektroden 12 jeweils an gegenüberliegenden Kanten oder Seiten der Elektroden 12 ausgebildet sind. Die im Bereich der Aussparungen 13 an die Oberfläche tretenden jeweiligen benachbarten, über-
nächsten Elektroden 12 sind über Metallisierungsbahnen 14 un-
30 tereinander verbunden. Über die Metallisierungsbahnen 14 kann das Bauelement 10 mit einem elektrischen Feld zunächst zur

Polarisierung und anschließend zum Betrieb beaufschlagt werden.

Um mit dem Bauelement 10 Arbeitshübe von 5 bis 60 μm erreichen zu können, ist eine Stapelhöhe h von 5 bis 40 mm erforderlich, was einer Anzahl von bis zu 1000 Einzelschichten 11, 12 entspricht.

Nach Unterschreiten der Curietemperatur weisen die gesinterten Keramikkörner der Keramikschichten 11 eine spontane Polarisierung auf, die mit einer Deformation des Kristallgitters verbunden ist. Auftretende innere Spannungen können teilweise nur durch die Ausbildung von Domänen in den Körnern abgebaut werden. Nach der spontanen Polarisierung sind die Dipolmomente der einzelnen Domänen so ausgerichtet, daß sie sich aufgrund der statistisch verteilten Polarisationsrichtungen kompensieren. Dies ist durch die entsprechenden Pfeile in Figur 2a dargestellt.

Durch Einwirkung eines elektrischen Polarisationsfelds am freien und ohne Druckspannung T_p beaufschlagten Bauelement 10 werden die Dipole in den einzelnen Kristalliten orientiert, wodurch eine Polarisierung und Längenänderung des gesamten Körpers in Pfeilrichtung A auftritt. Eine solche Polarisierung ist in Figur 2b dargestellt.

Durch die auftretenden Zugspannungen im inaktiven Kontaktierungsbereich B können bei der Polarisierung die sogenannten Polungsrisse auftreten.

erfindungsgemäßen Polarisierungsverfahrens beschrieben.

Das zu polarisierende Bauelement 10 kann in ein Polarisationsmedium -beispielsweise Luft, Öl oder Schutzgas- einge-
5 bracht und wahlweise auf eine Polarisations temperatur von 20 bis 150 °C gebracht werden. Bereits vor dem eigentlichen Polarisations schritt wird das Bauelement mit einer Druckspannung T_p von 10 bis 20 MPa beaufschlagt. Dabei wirkt die Druckspannung T_p der verlängernden Wirkung des Polarisations-
10 felds, die durch den Pfeil A angedeutet ist, entgegen. Die Druckspannung T_p auf das Bauelement 10 wird während der gesamten Polarisierung aufrechterhalten. Anschließend wird an dem Bauelement 10 über die Metallierungsbahnen 14 ein elektrisches Polarisationsfeld mit einer Stärke von 2 bis 2.5
15 kV/mm angelegt, was in Figur 1 durch die Symbole „+“ und „-“ angedeutet ist. Nach Ablauf einer ausreichenden Polarisationszeit von etwa 500 Sekunden wird die Polarisierung beendet, und das Bauelement 10 kann in den Betrieb übernommen werden.

20 Die erfindungsgemäße Polarisierung hat zur Folge, daß die bei üblicher, druckloser Polarisierung erreichbare Remanenz gemäß Figur 2b zunächst verringert ist. Dies ist in Figur 2c dargestellt. Allerdings verbleibt ein größerer Anteil von im Groß- signalbetrieb schaltbaren und zur Auslenkung beitragenden Do-
25 mänenwänden. Weiterhin ist durch die im Vergleich zu Figur 2b vorhandene geringere Polung gemäß Figur 2c eine Reduzierung der Anzahl und Größe von Polungsrissen möglich. Das gemäß Figur 2c polarisierte Bauelement 10 weist einen stabilen Be- trieb mit entsprechenden stabilen Kennwerten direkt ab Be-
30 triebsaufnahme auf, so daß Einschwing-Betriebszyklen nach Be- triebsaufnahme sowie ein nachteiliges Nachjustieren entfallen

können.

Die Polarisation der Bauelemente kann gemäß einer ersten Ausführungsvariante zunächst in einer separaten Vorrichtung 5 durchgeführt werden. Nach der Polarisierung wird das Bauelement aus dieser Vorrichtung entnommen und in seiner dafür vorgesehenen Betriebsumgebung eingebaut. Nach dem Einbau des polarisierten Bauelements wird das Bauelement anschließend mit einem für den Betrieb vorteilhaften statischen Druck T_b 10 beaufschlagt.

Gemäß einer anderen Ausführungsvariante erfolgt die Polarisierung des Bauelements am späteren Betriebsort des Bauelements. Das hat den Vorteil, daß die Druckspannung T_p nach Beendigung 15 der Polarisierung nicht mehr entfernt werden muß. Das Bauelement kann also zunächst unpolarisiert in seine endgültige Betriebsumgebung eingebaut, mit Druck beaufschlagt, polarisiert und anschließend betrieben werden. Da das Bauteil bei der erfundungsgemäßen Polarisierung seine Gesamtlänge nur geringfügig ändert, kann eine entsprechende Anordnung wie folgt realisiert werden: Das unpolarisierte Bauelement -beispielsweise 20 ein Aktor- wird in das Innere einer mit einem festen Boden verschlossenen Rohrfeder eingesetzt. Die Rohrfeder wird mit einer dem Polarisationsdruck T_p , beziehungsweise dem Betriebsdruck entsprechenden Kraft gedehnt. Anschließend wird 25 eine Deckplatte in die Rohrfeder eingesetzt und mit der Rohrfeder verschweißt. Der so unter Druckspannung in die Rohrfeder eingebaute Aktor wird anschließend erfundungsgemäß polarisiert und in gleicher Anordnung betrieben.

Patentansprüche

- 1) Verfahren zum Polarisieren von piezoelektrischen Bauelementen, insbesondere Piezoaktoren, die aus einer Vielzahl von Piezokeramik-Schichten und dazwischen liegenden Metallelektroden gebildet sind, gekennzeichnet durch folgende Schritte: a) Anlegen einer Druckspannung T_p an das zu polarisierende Bauelement vor Beginn der Polarisierung und bis zum Ende der Polarisation, wobei die Druckspannung T_p der verlängernden Wirkung des anzulegenden elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und wobei für den Wert der Druckspannung T_p gilt: $T_p < T_d$ und $T_p > 0$, mit T_d gleich dem Grenzdruck, der durch die Abweichung von der elastischen Geraden bestimmt ist; und b) Anlegen eines elektrischen Polarisationsfelds an das Bauelement, wobei die angelegte Feldstärke größer ist als die Koerzitivfeldstärke für das Bauelement.
- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für den Wert der Druckspannung T_p weiterhin gilt: $T_p \geq T_b$, mit T_b gleich dem statischen Druck, der im späteren Betrieb des Bauelements angelegt wird.
- 3) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckspannung T_p einen Wert aufweist, bei dem sich die Länge des Bauelements nach der Polarisierung um maximal +30% bis -10% des bei druckloser Polarisierung erreichten Werts verändert.
- 4) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckspannung T_p einen Wert von 10

bis 20 MPa, vorzugsweise 15 bis 20 MPa aufweist.

- 5) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckspannung T_p über ein hydraulisches oder pneumatisches System oder durch Federkraft aufgebracht wird.
- 10 6) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Polarisationsfeld eine Feldstärke aufweist, die kleiner ist als die Durchschlagfestigkeit des Bauelements und insbesondere dem zwei- bis fünffachen Wert der Koerzitivfeldstärke entspricht.
- 15 7) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das elektrische Polarisationsfeld eine Feldstärke von 2 bis 2.5 kV/mm aufweist.
- 20 8) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisierung bei einer Polarisationstemperatur von 20 bis 150 °C durchgeführt wird.
- 25 9) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisierung in einem isolierenden Medium durchgeführt wird, insbesondere in Luft, Öl oder Schutzgas.
- 30 10) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Polarisationszeit bis 700 Sekunden, insbesondere etwa 500 Sekunden beträgt.

- 11) Piezoelektrisches Bauelement, insbesondere Piezoaktor, mit einer Vielzahl von Piezokeramiksichten (11) und dazwischen liegenden Metallelektroden (12), wobei das Bauelement (10) durch Anlegen eines elektrischen Polarisationsfelds polarisiert ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (10) unter Anlegen einer Druckspannung T_p vor Beginn der Polarisation und bis zum Ende der Polarisation polarisiert ist, wobei die Druckspannung T_p der verlängernden Wirkung des anzulegenden elektrischen Polarisationsfelds entgegenwirkt und wobei für den Wert der Druckspannung T_p gilt: $T_p < T_d$ und $T_p > 0$, mit T_d gleich dem Grenzdruck, der durch die Abweichung von der elastischen Geraden bestimmt ist.
- 15 12) Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (10) durch ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10 polarisiert ist.
- 20 13) Piezoelektrisches Bauelement nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallelektroden (12) über Metallisierungsbahnen (14) miteinander verbunden sind.
- 25 14) Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (10) bis zu 1000 Einzelschichten (10, 11), insbesondere 200 bis 400 Einzelschichten (10, 11) aufweist.
- 30 15) Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (10)

19

eine Stapelhöhe (h) von 5 bis 40 mm aufweist.

16) Piezoelektrisches Bauelement nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement (10) einen Arbeitshub von 5 bis 60 μ m aufweist.

1/2

FIG 1

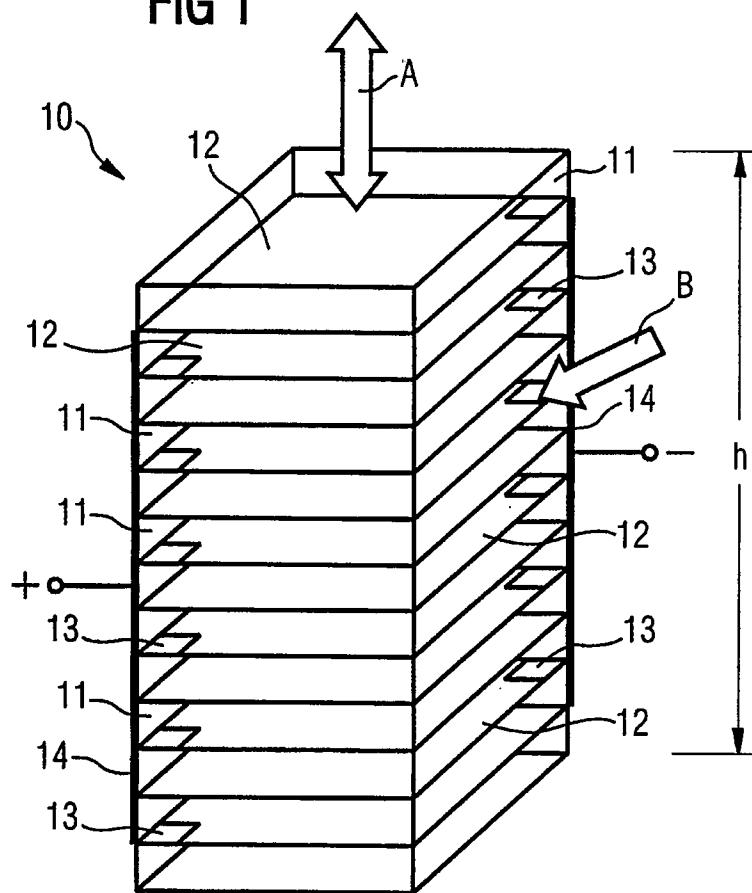


FIG 2 A

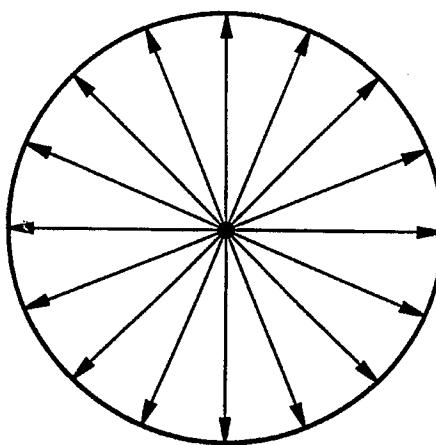


FIG 2 B

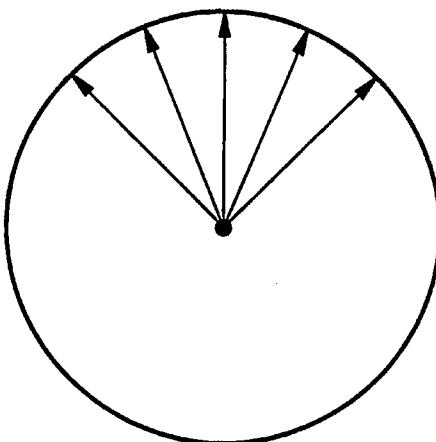
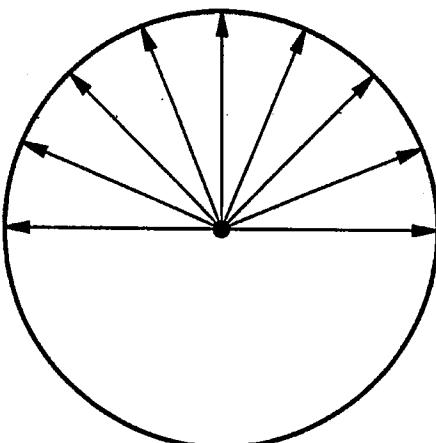


FIG 2 C



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In National Application No
PCT/DE 98/03687

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 6 H01L41/083 H01L41/22											
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC											
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 6 H01L											
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched											
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)											
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 10%;">Category</th> <th style="text-align: left;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="text-align: left;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td> EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17 January 1990 see abstract; figures 1,2 see column 1, line 19 - line 43 see column 3, line 50 - column 4, line 23 see column 8, line 1 - line 23 ----- </td> <td style="text-align: center;">1-16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td> PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 425 (E-0977), 13 September 1990 & JP 02 163983 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25 June 1990 see abstract ----- ----- </td> <td style="text-align: center;">1-16</td> </tr> </tbody> </table>			Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	A	EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17 January 1990 see abstract; figures 1,2 see column 1, line 19 - line 43 see column 3, line 50 - column 4, line 23 see column 8, line 1 - line 23 ----- 	1-16	A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 425 (E-0977), 13 September 1990 & JP 02 163983 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25 June 1990 see abstract ----- ----- 	1-16
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.									
A	EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17 January 1990 see abstract; figures 1,2 see column 1, line 19 - line 43 see column 3, line 50 - column 4, line 23 see column 8, line 1 - line 23 ----- 	1-16									
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 425 (E-0977), 13 September 1990 & JP 02 163983 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25 June 1990 see abstract ----- ----- 	1-16									
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.									
" Special categories of cited documents : " A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance " E" earlier document but published on or after the international filing date " L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) " O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means " P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed											
" T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention " X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone " Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art " &" document member of the same patent family											
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report									
21 April 1999		29/04/1999									
Name and mailing address of the ISA		Authorized officer									
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Visscher, E									

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 98/03687

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 006 (E-1302), 7 January 1993 & JP 04 239182 A (JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD), 27 August 1992 see abstract -----	1-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 001, 31 January 1996 & JP 07 240546 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 12 September 1995 see abstract -----	1,11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 98/03687

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 0350941	A 17-01-1990	JP 2026087	A	29-01-1990
		JP 2738706	B	08-04-1998
		DE 68919556	D	12-01-1995
		DE 68919556	T	13-04-1995
		US 5196756	A	23-03-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/03687

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 H01L41/083 H01L41/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBiete

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 350 941 A (HITACHI LTD) 17. Januar 1990 siehe Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 siehe Spalte 1, Zeile 19 - Zeile 43 siehe Spalte 3, Zeile 50 - Spalte 4, Zeile 23 siehe Spalte 8, Zeile 1 - Zeile 23	1-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 425 (E-0977), 13. September 1990 & JP 02 163983 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25. Juni 1990 siehe Zusammenfassung	1-16 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

^a Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist.

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindender Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21. April 1999

29/04/1999

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Visscher, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In. nationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/03687

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 006 (E-1302), 7. Januar 1993 & JP 04 239182 A (JAPAN AVIATION ELECTRON IND LTD), 27. August 1992 siehe Zusammenfassung -----	1-16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 001, 31. Januar 1996 & JP 07 240546 A (TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC), 12. September 1995 siehe Zusammenfassung -----	1,11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 98/03687

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0350941 A	17-01-1990	JP	2026087 A	29-01-1990
		JP	2738706 B	08-04-1998
		DE	68919556 D	12-01-1995
		DE	68919556 T	13-04-1995
		US	5196756 A	23-03-1993